

# 과업지시서

## 1. 사 업 명 : 인터모달식 운송차량 하중시험 용역

## 2. 개요

본 과업지시서는 인터모달 자동화물수송시스템 기술개발사업으로 개발되는 시제차량의 구조적 안전성에 대한 하중시험 절차, 방법 및 기준 등을 정의하는데 목적이 있다. 시험 대상은 차량 구조체와 대차 프레임 2개이다.

주요 시험항목은 다음과 같다.

- 차량 구조체의 응력, 변위 등을 측정하여 차체의 강도 및 강성 확인  
(구조 안전성 평가)
- 운송대차 프레임의 응력을 측정하여 강도와 강성 확인 (구조적 안전성 평가)

## 3. 차체 하중시험

### 3.1 시험일시 및 장소

- 시험장소 : (주)성신RST 공장 내
- 시험일시 : 추후 협의

### 3.2 대상 차량 및 시험 종류

#### (1) 구조체 및 제원

시험 구조체의 상태는 완성구체 상태로서 시험 구조체의 차량일반도는 그림 1에 나타나 있으며, 차량의 제원은 다음과 같다.

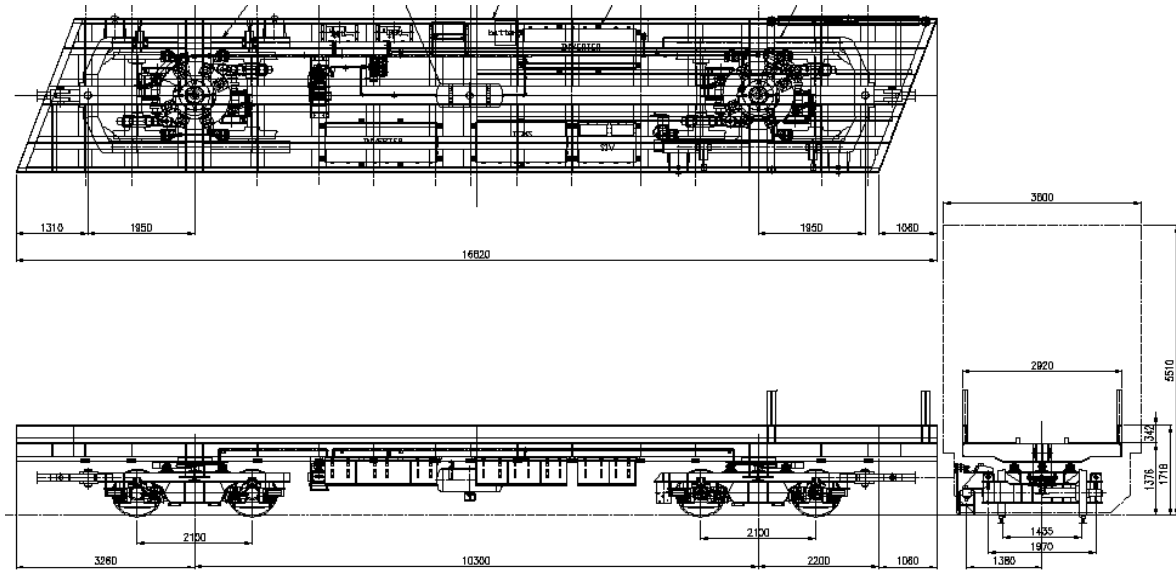
표 1. 차량 제원

구 분	치 수(mm)	비 고
차체 길이	16,820	
대차 중심간 거리	10,300	
차체 폭	2,920	
차체 최대높이(레일 상면에서)	1,718	
상면높이(레일상면에 서)	1,376	
대차연결기간 거리	14,200	(대차와 대차 간에 연결봉을 이용해 연 결함)

(2) 시험 종류

시험은 크게 예비하중시험과 본시험으로 구분하며, 본시험의 종류는 다음과 같다.

- 수직하중시험



최고속도	차종	차종	추진장치	전기/기계	보관장치	제동장치	주행장치	연결장치
40km/h	약 34t	약 31t	VNF 제어 유도전동기	전기제동	공기제동	공기제동	공기제동	공기제동
				최상제동	입력제동	출력제동	출력제동	출력제동

그림 1. 차량일반도

### 3.3 시험 하중

#### (1) 중량

시험하중에 사용되는 중량은 표 2와 같다.

표 2. 시험하중

항 목	산출근거	중 량(kg)
(1) 구체중량	설계중량	16,000
(2) 공차중량	설계중량	34,000
(3) 대차중량	설계중량	13,382
(4) 차체중량	(2)-(3)	20,618
(5) 적재중량	기술요구사양서	31,000
(6) 동하중계수	철도안전법	0.3g

#### (2) 시험하중 계산

- 수직하중 : CASE 1 [(A) + (B)]

차량의 적재하중은 언더프레임 상면에 등분포 하중을 부여하였고, 대차 중량 및 구체중량을 제외한 차체 중량은 언더프레임 상면 전체에 등분포 하중을 부여 하였다. 운행조건을 고려하여, 차체에 작용하는 동하중계수 0.3g로 하여 수직하중을 산출한다.

$$\begin{aligned} \text{(A) 등분포 수직하중} &= \text{차체중량} \times (1.0g + \text{동하중계수}) - \text{구체중량} \\ &= 20,618 \times 1.3 - 16,000 = 10,800\text{kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(B) 적재하중에 대한 수직하중} &= \text{적재하중} \times (1.0g + \text{동하중계수}) \\ &= 31,000 \times 1.3 = 40,200 \text{ kg} \end{aligned}$$

### (3) 하중시험단계 및 측정항목

하중시험단계 및 측정항목은 표 3과 같다.

표 3. 시험하중단계 및 측정항목

시험항목	하중단계(톤)	측정항목	측정위치	측정수
수직하중	0 → 25 → 51 → 0	응력	S/G 취부도 그림. 3 참조	34
		변위	D/G 취부도 그림. 4 참조	14

### 3.4 시험 장비

구체 하중시험에 사용된 장비들은 표 4와 같다.

표 4. 시험장비

번호	장비명	모델명	수량	용도	비고
1	Vertical Jig	자체 제작	1 Set	구체 지지	
2	Data logger	TDS303 30ch	1 Set	응력 측정	
3	Scanning box	50ch	1 Set	응력 측정	
4	Load Cell	300ton,30ton,20ton	1식	하중 측정	
5	Dial Gauge		14 ea	변위 측정	

### 3.5 시험 방법

#### (1) 시험장치

##### - 수직하중시험

구체의 수직방향 지지는 전후대차의 Center Pivot 위치의 2개소에, 한쪽은 U-Type Roller로, 다른 쪽은 V-Type Roller로 지지한다. 수직하중 시험장치는 그림 2에 나타나 있다.

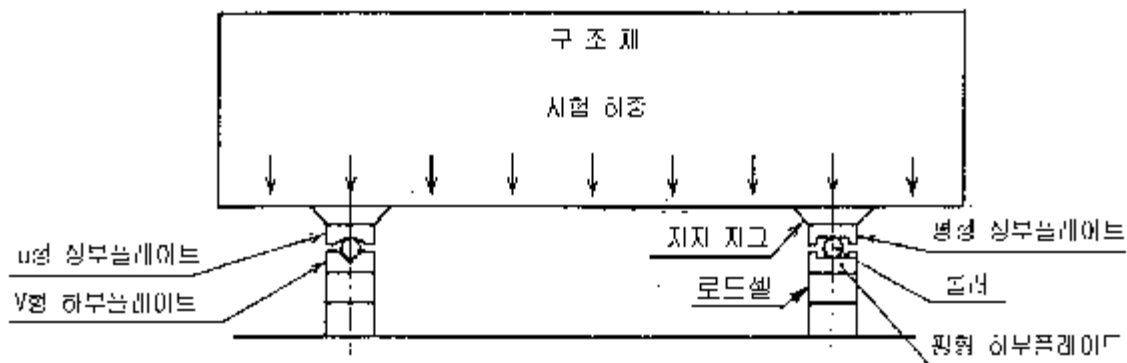


그림 2. 수직하중시험 방법

#### (2) 예비하중시험

시험구체는 제작이 완료된 후 하중을 전혀 받지 않은 상태이므로 용접변형 및 제작방법에 기인하여 초기 응력을 받고 있는 불안정한 상태이다. 따라서 구체의

안정화를 위하여 예비하중시험을 실시한다.

예비하중은 수직하중 51톤을 가하여 3시간 이상 유지한 후 제거 한다.

### (3) 측정 Gauge 취부

#### - Strain Gauge

구체는 좌·우 방향으로 거의 대칭을 이루고 있으므로 Strain Gauge는 1/2 부분에 집중적으로 취부하며, 측정점의 선택방법은 구조해석의 결과, 높은 응력이 예측되는 부분, 형상 및 단면의 급변화 부분 등 구조상 응력집중이 예상되는 부분 등을 선정하며, Strain Gauge 취부 방향에 대해서는 주응력의 방향이 명확하게 나타나는 부위에 대해서는 그 방향으로, 그렇지 않은 부분에 있어서는 구조해석 결과의 주응력 방향을 참조하여 선정한다. Strain Gauge의 상세한 취부 위치는 그림 3(1/2, 2/2)와 같다.

#### - Dial Gauge 취부

Dial Gauge의 설치위치는 Side Sill에 길이방향으로 가능한 등간격으로 설치하나, 지지점인 Bolster, Cross Beam 등 구체의 변형모드가 변곡점이 되는 부분에 설치한다. 개수는 한쪽 Side Sill에 6개씩 총12개를 설치한다. Dial Gauge의 상세한 취부위치는 그림 4와 같다.

### (4) 본시험

#### - 수직하중시험

시험 하중 : 51톤

하중 단계 :

전체 등분포 하중 : 0 → 25톤 → 51톤 → 0톤

시험하중을 가한 후 응력 계측장비로 응력을 저장하고, 설치된 Dial Gauge로부터 변위량을 측정한다.

이 결과를 다음 평가기준에 따라 평가한다.

### 3.6 평가 기준

각 하중시험에서 얻은 응력 값이 그 재질의 항복강도 미만인지를 확인하고, Side Sill에서 측정된 변위가 Camber 이하인지 확인한다.

#### - 안전계수의 산정

수직하중에 대한 안전계수(S1)

구 분	재 질	허용응력		비 고
		모재부	용접부	
수직하중	SM490YA SS400	365MPa 245MPa	332MPa 223MPa	안전계수는 항복강도에 모재부 S1=1.0, 용접부 S2=1.1을 적용

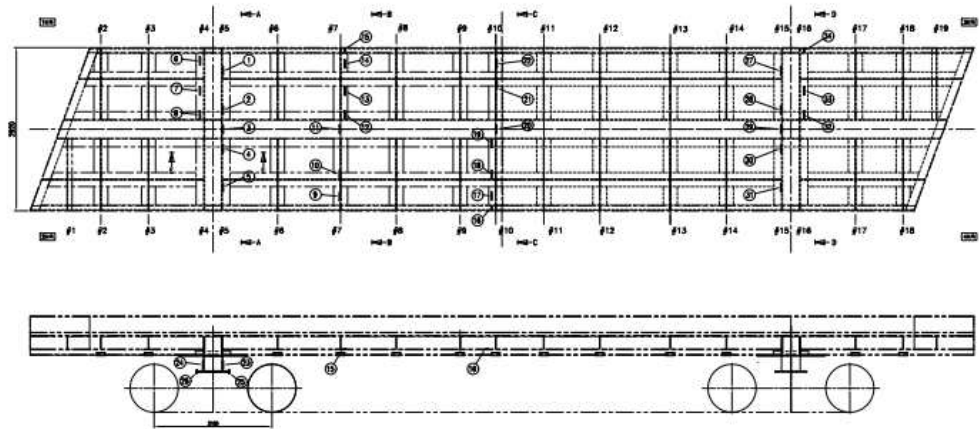


그림 3. Strain Gauge 취부도(1/2)

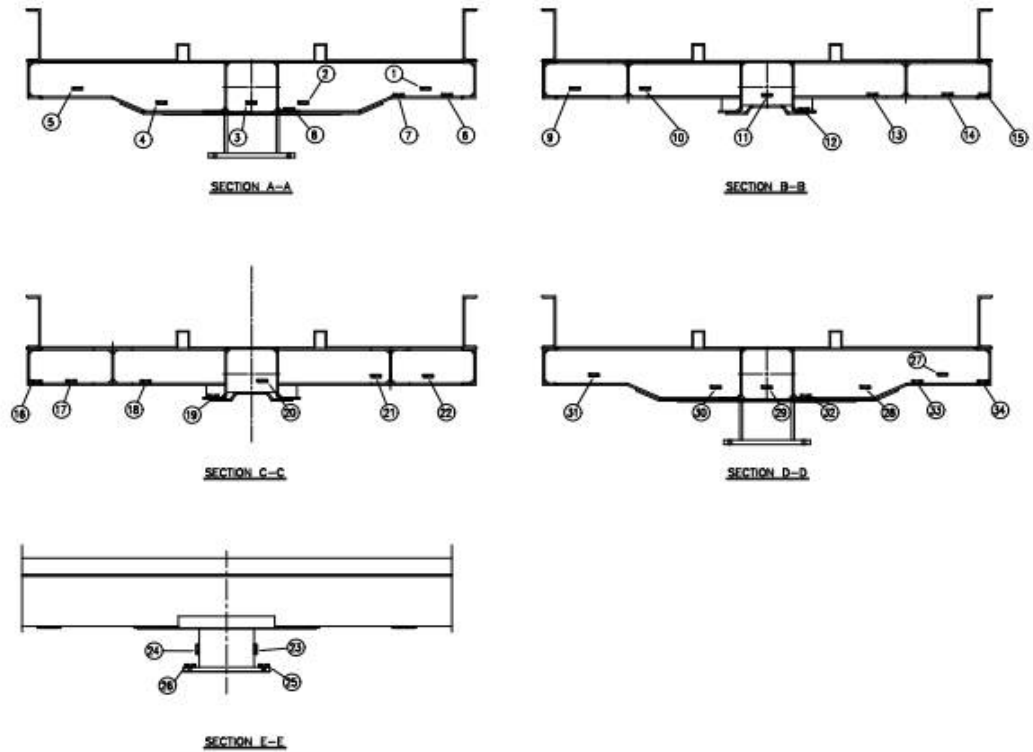


그림 4. Strain Gauge 취부도(2/2)



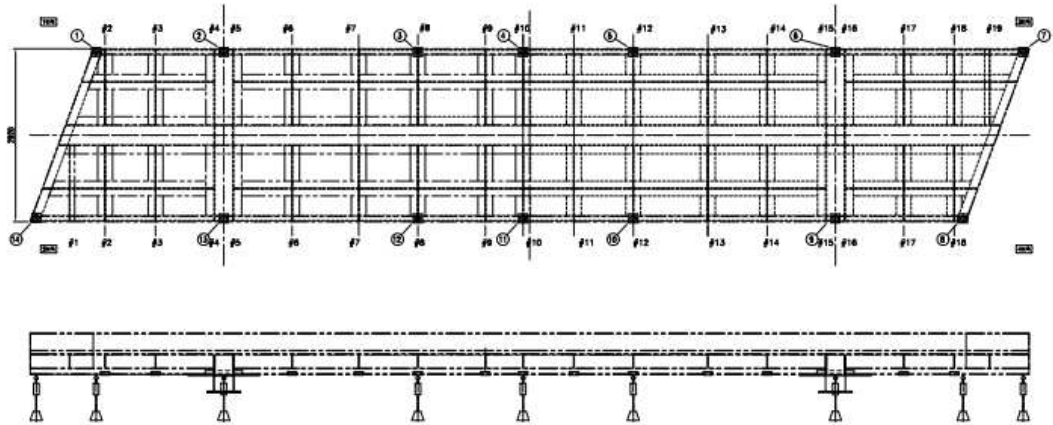


그림 5. Dial Gauge 취부도

#### 4. 운송대차 하중 시험

##### 4.1 차량 및 운송대차 주요제원

각 하중시험에서 얻은 응력 값이 그 재질의 항복강도 미만인지를 확인하고, Side Sill에서 측정된 변위가 Camber 이하인지 확인한다.

##### (1) 주요 제원

운송대차 및 추진시스템 시제차량의 주요 제원은 다음 표와 같다.

표 5. 차량 및 운송대차 주요제원

항목	기호	하중 조건	비 고
공차 중량	$W_1$	34,000 kg	
만차 하중	$W_2$	65,000 kg	
최대적재하중	P	31,000 kg	
차량당 대차 수량		2	
대차당 윤축 수량		2	
대차 중량	$W_B$	6,691 kg	
스프링하중량	$W_m$	2,325 kg	

## (2) 대차 구조체 구성 및 재질

- SIDE FRAME : SM490A (용접구조용 압연 강재)
- TRANSOM BEAM : SM490A
- BRAKE HANGER BRACKET : SM490A
- SPRING BOX : SC450
- CENTER PIVOT SUPPORT : SC450

## 4.2 하중시험 종류 및 하중조건

### (1) 운송대차 주행에 따른 하중조건

$F_{zp}$  : 센터피봇에 가해지는 수직하중( $=(W_2-2W_B)/2=25,809\text{kg}$ )

$F_{z1}, F_{z2}$  : 회전롤러에 부담하는 수직하중

$\alpha$  : 롤링계수(UIC의 사이드베어링 간 폭 1.7m, 기준 0.3)

$\nu$  : 동하중계수(0.3g)

$\gamma$  : 회전롤러 하중계수(철도차량 : 1.5)

### (2) 수직하중

□ Case1 : 하중이 센터피봇에 집중된 경우 하중계수는 0.3g를 적용한다.

$$F_{zp} = \nu \times F_z = 1.3 \times 25,809 \text{ kg} = 33,551 \text{ kg} = 328,800 \text{ N}$$

□ Case2 : 롤링조건에서 센터피봇과 회전롤러의 2개에 하중이 작용하는 경우 하중계수는 1.5를 적용한다.

$$F_{z1} = \gamma \times F_z \times \alpha = 1.5 \times 25,809 \text{ kg} \times 0.3 = 11,614 \text{ kg} = 113,817 \text{ N}$$

$$F_{zp} = \gamma \times F_z (1 - \alpha) = 1.5 \times 25,809 (1 - 0.3) = 27,099 \text{ kg} = 265,570 \text{ N}$$

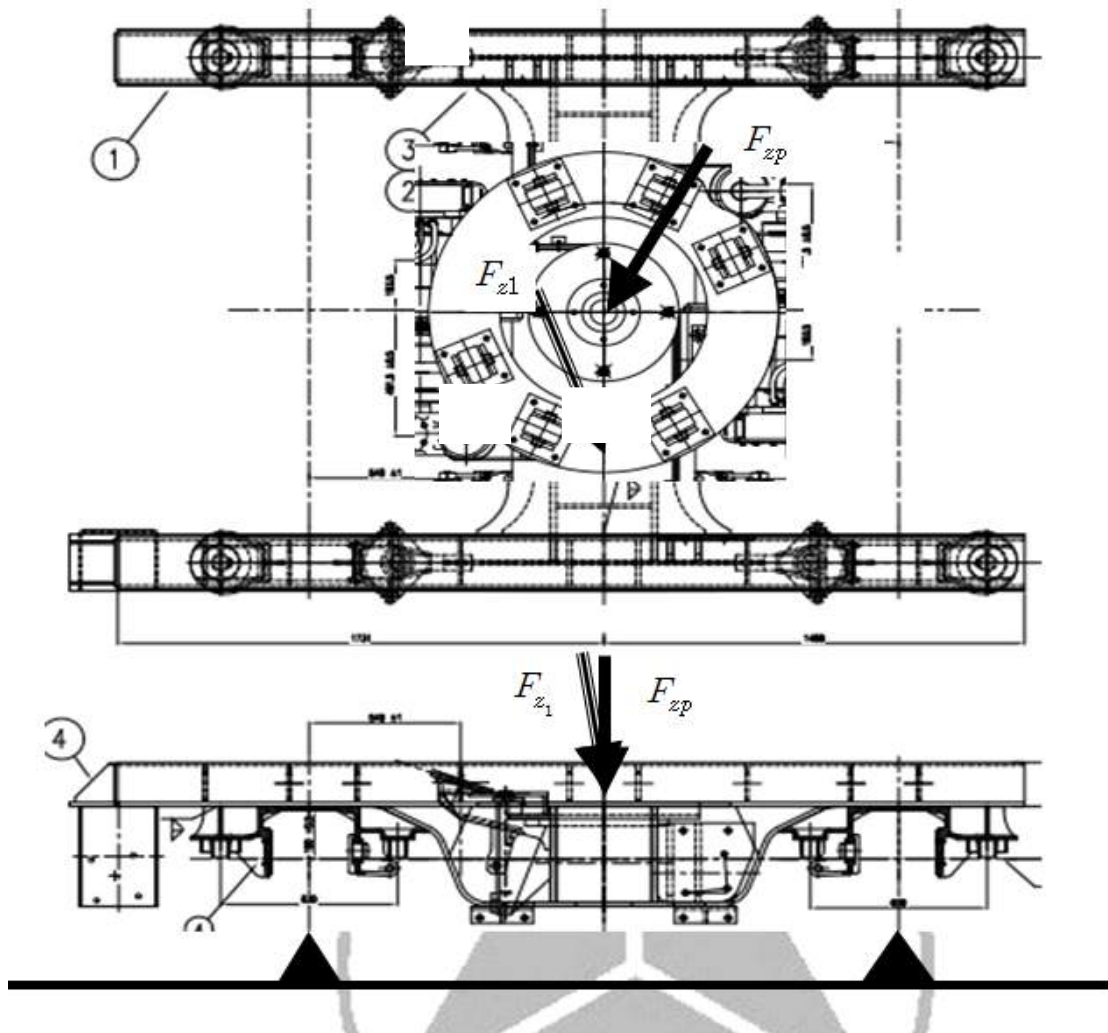


그림 6. 대차 수직하중 작용도

(3) 비틀림하중

EN 13749에 의하면 극한하중 조건의 대차구조체는 1% 궤도 평면성 틀림을 견디야 하는 것으로 되어있다. 대각방향 차륜위치에 1% 평면성 틀림에 상당하는 변위 또는 하중을 부가한다.

1% 평면성 틀림 궤도상에서의 대각방향 차축 스프링의 변위량은 축간거리 × 평면성 틀림율 × (차축베어링 설치폭/차륜 접촉간거리) =  $2100 \times 1/100 \times 1970/1500 = 27.6\text{mm}$ 이다, 이를 힘으로 환산하면  $F_t = 27.6 \times \text{스프링상수(만차조건)} = 27.6 \times 108.4 = 2,992\text{kg} = 29,322\text{kN}$  이다.

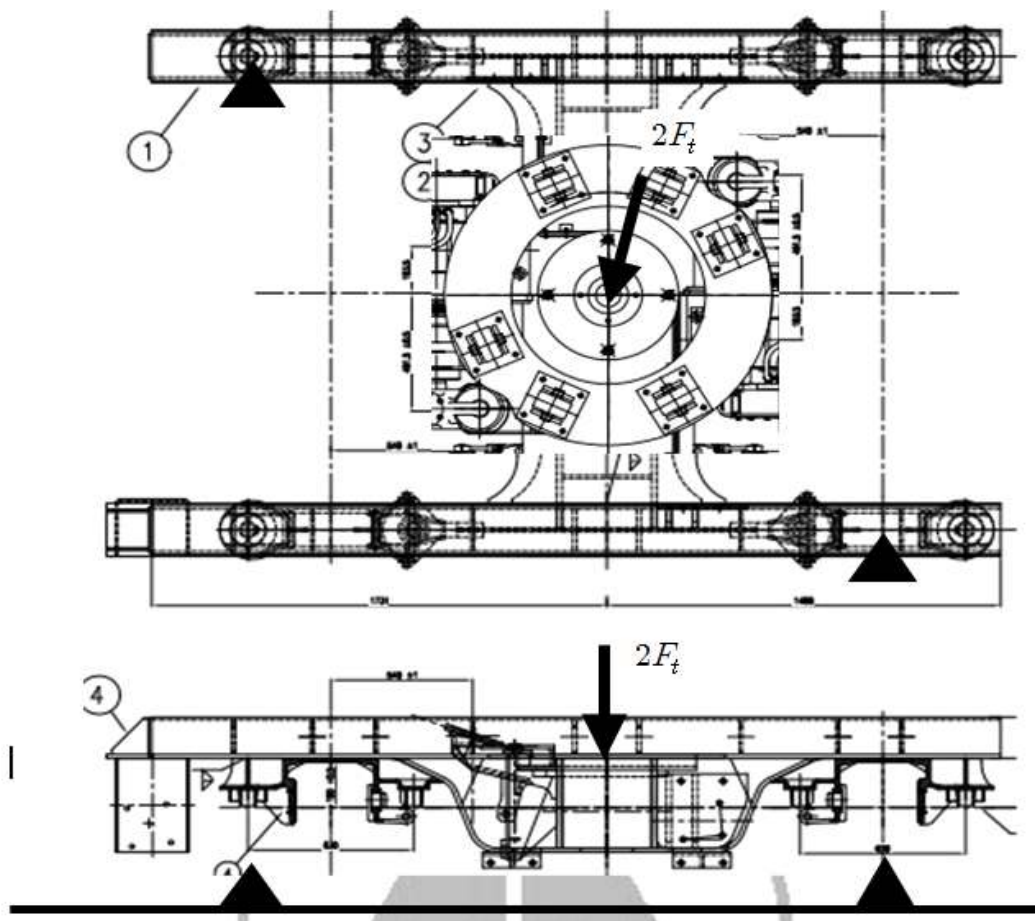


그림 7. 비틀림하중 작용도

#### 4.3 평가 기준

모든 하중조건에서 발생된 응력이 재질의 항복강도를 초과하지 않아야 한다. 또한, 조합하중에서 각 게이지포인트에서 측정된 응력결과 중, 최대응력 및 최소응력을 발췌하여 다음과 같은 식을 이용하여 평균응력과 응력진폭을 계산한다, 계산된 평균응력과 응력진폭을 피로내구선

도에 표시하여 그 적합여부를 판정한다. 표 6은 본 대차프레임에 사용된 소재의 기계적 물성치와 허용강도를 보여준다.

$$\text{평균응력} = \frac{\text{최대응력} + \text{최소응력}}{2}, \text{응력진폭} = \frac{\text{최대응력} - \text{최소응력}}{2}$$

표 6. 사용소재의 기계적 물성치

번호	재료	항복강도(MPa) a)	피로강도(MPa)	비 고
1	SM490A	325	155	모재
			110	Grinding
			70	As welded
2	SC450	225	135	모재
			110	Grinding
			70	As welded

그림 8는 일반적인 피로내구선도를 보여주고 있다. 여기서, X축은 평균응력, Y축은 응력진폭이며, 조합한 결과는 피로내구선도 상의 위치에 따라 안전성을 판정 할 수 있다.

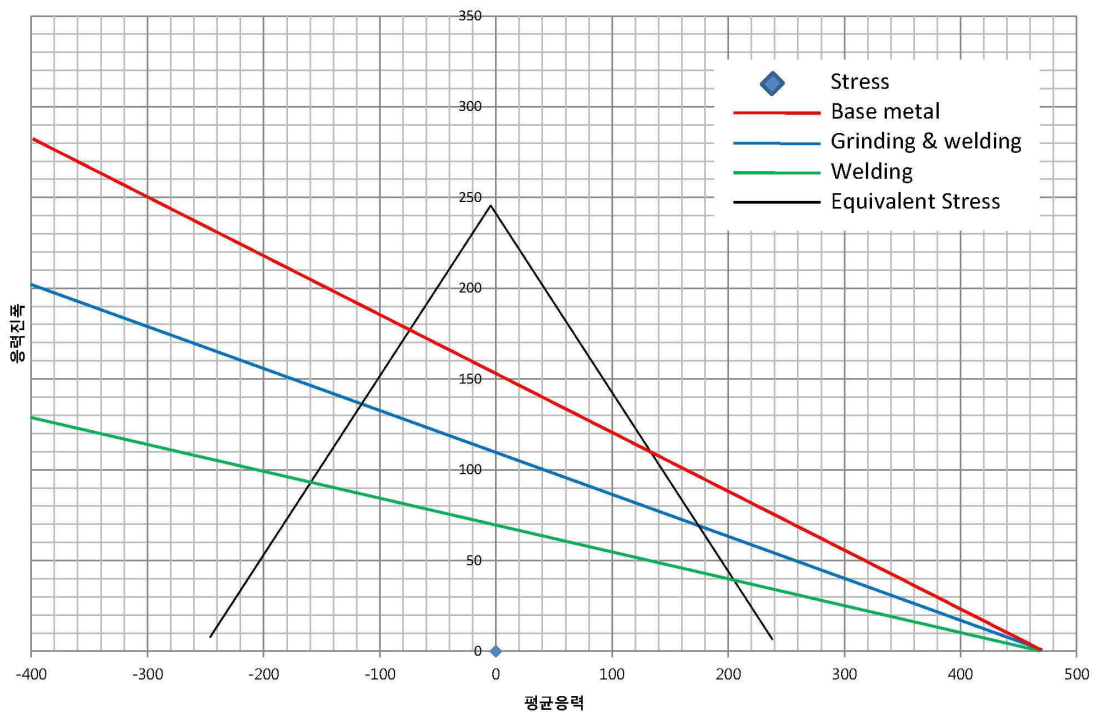


그림 8. 피로내구선도

## 5. 과업기간 : 계약일로부터 8주

## 6. 결과물 제출

### 6.1. 최 종

- 1) 시 기 : 과업 종료(납품)시 제출
- 2) 내 용 : 시험결과보고서

6.2 결과물 제출 : 인쇄본 2부 (단, 보고서 양식은 한국기계연구원과 성신RST 양식으로 각각 작성한다.)

## 7. 책임 및 의무

가. 본 용역과 관련한 저작권은 한국기계연구원이 소유한다.

나. 한국기계연구원은 계약자가 용역 수행에 필요한 자료를 요청할 때에는 적극 협조하여야 한다.

- 다. 과업 수행을 위해 한국기계연구원이 제공하는 자료 등에 대하여 계약자는 본 과업목적 외에 다른 용도로 사용하지 못한다.
- 라. 과업지시서에 기술되지 않은 사항들은 한국기계연구원과 성신RST와사전에 협의를 하여야 한다.
- 마. 본 사업을 추진함에 있어 계약자는 과업 위반이나 과실로 인하여 발생하는 모든 사항에 대하여 민·형사상 책임을 진다.

## 8. 대가의 지급

대가의 지급은 용역 완성품 납품이 완료되고 계약자의 청구일로부터 14일 이내로 한다.

## 9. 계약해지 및 해제조건

- 가. 계약자가 계약사항을 이행하지 않거나 과업지시를 위반하였을 때
- 나. 계약자가 성실히 과업수행을 하지 않아 계약목적 달성이 어려울 때
- 다. 계약자의 귀책사유로 계속하여 과업수행이 어려울 때

## 10. 기타 계약에 규정되지 않은 사항에 대하여 이의가 발생한 경우에는 한국기계연구원의 결정에 따른다.